

Министерство науки и высшего образования РФ
Правительство города Севастополя
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
Всероссийское гидробиологическое общество при Российской академии наук
Русское географическое общество
Паразитологическое общество при Российской академии наук

Изучение водных и наземных экосистем: история и современность

Международная научная конференция, посвящённая 150-летию
Севастопольской биологической станции —
Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского
и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий»

Тезисы докладов

13–18 сентября 2021 г.
Севастополь, Российская Федерация

Севастополь
ФИЦ ИНБЮМ
2021

Суточная динамика концентрации растворённого метана в воде аэробной зоны Чёрного моря: к вопросу о «метановом парадоксе»

Малахова Т. В., Мурашова А. И.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

t.malakhova@imbr-ras.ru

Чёрное море является крупнейшим метановым резервуаром Мирового океана, изучению биогеохимии метанового цикла в его акватории посвящено множество работ. Превалирующая часть исследований посвящена изучению аноксической зоны Чёрного моря, где содержание метана и скорости микробных процессов анаэробного звена на несколько порядков превышают таковые в верхних окисленных слоях. Однако последнее время всё больше внимания уделяется так называемому метановому парадоксу — феномену повышенных относительно равновесия с атмосферой концентраций CH_4 в верхних слоях аэробной толщи вод Мирового океана.

Было показано, что так же, как и в других водоёмах Мирового океана, в верхнем аэробном слое Чёрного моря концентрация CH_4 превышает равновесные с атмосферой значения, а в подповерхностных слоях обнаруживаются концентрационные максимумы. Относительное увеличение концентраций CH_4 связывают с активизацией биохимических процессов в зоне фотосинтеза, где сосредоточена основная масса фитопланктона, который может служить одним из источников метана. Другими исследователями показано, что метан в поверхностных водах океана продуцируется метаногенными археями в кишечном тракте зоопланктона и рыб, на частицах взвеси и органических конгломератах, то есть в анаэробных микроразделах, благоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов. Исследования скоростей микробного метаногенеза в аэробном слое Чёрного моря показали высокие значения, которые даже в некоторых случаях превышали скорости метаногенеза в анаэробной зоне, а профили скоростей метаногенеза хорошо совпадали с пиками концентрации метана.

Сезонные исследования вертикального распределения CH_4 в верхнем фотическом слое воды Чёрного моря, проведённые в 102, 103, 105, 106 и 110-м рейсах НИС «Профессор Водяницкий», не выявили сезонной и пространственной зависимости распределения подповерхностных максимумов, что обусловлено, вероятно, процессами меньшего временного и пространственного масштаба. В связи с этим была поставлена цель исследовать суточную динамику вертикального распределения CH_4 в кислородной зоне Чёрного моря.

Исследования суточной динамики вертикального распределения метана в воде аэробной зоны Чёрного моря проводили в 113-м (июнь 2020 г.), 115-м (декабрь 2020 г.) и 116-м (апрель — май 2021 г.) рейсах НИС «Профессор Водяницкий» в глубоководных и прибрежных районах Чёрного моря. На глубоководных станциях (центр западной халистатики) пробы отбирали в дрейфе с шагом 10 м, на мелководных (шельфовая зона южной части Крыма) — с шагом 5 м ручным батометром. Содержание метана в воде определяли после фазово-равновесной дегазации проб на газовом хроматографе HP-5890 с пламенно-ионизационным детектором. Все пробы отбирали в двух повторностях, ошибка определения CH_4 не превышала 7 %.

Сравнение данных динамики концентрации CH_4 для глубоководных и мелководных станций показало, во-первых, высокую изменчивость концентрации CH_4 для обоих районов, во-вторых, вертикальную миграцию максимумов в течение суток. Абсолютный максимум концентрации CH_4

был измерен для глубоководного района в июне 2020 г. и составил $84 \text{ нмоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (в слое 40 м), при этом он не был устойчивым во времени и мигрировал по направлению ко дну. Через 8 часов после регистрации максимальных величин концентрации CH_4 во всём исследованном столбе воды глубоководной станции значения снизились до уровня равновесия с атмосферой. Для весеннего сезона 2021 г. концентрации CH_4 в толще воды глубоководных станций были также ниже равновесных значений, при этом были зафиксированы спорадические максимумы на глубине 40 м, которые были ниже по абсолютному значению и непродолжительны во времени.

В отличие от содержания CH_4 в глубоководных районах, содержание CH_4 в толще воды прибрежных мелководных станций для всех сезонов характеризовалось значениями, превышающими равновесные концентрации. Концентрационные максимумы CH_4 мигрировали в толще воды, при этом тяготея к нижним слоям. Известно, что для мелководных шельфовых районов на структуру вертикального распределения CH_4 значительное влияние могут оказывать его потоки из донных осадков, тогда как для в аэробной зоне глубоководных районов CH_4 образуется *in situ*. Важно отметить, что ближайшие ко дну горизонты для большинства зондирований мелководных станций содержали меньше CH_4 , чем выше лежащие горизонты. Продукция CH_4 как для глубоководных районов, так и для мелководных может быть связана с планктонными сообществами, которые способны мигрировать на значительные расстояния в течение суток.

Поверхностный слой воды для всех станций характеризовался стабильно невысокими по сравнению со значениями для толщи воды концентрациями CH_4 , что определяется, вероятно, перераспределением метана на границе вода — атмосфера. Диапазон концентраций составил $0,2\text{--}14,5$ и $0,2\text{--}16 \text{ нмоль} \cdot \text{л}^{-1}$ для зимнего и летнего сезонов соответственно. Показана высокая изменчивость потоков на границе вода — атмосфера в течение суток — от поглощения до максимальных значений эмиссии $16 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$.

Работа подготовлена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 121031500515-8).